

ВПЛИВ ЕФЕКТУ ДОПЛЕРА НА ПАРАМЕТРИ СИГНАЛУ НИЗХІДНОГО ПОТОКУ В МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ LTE

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Проаналізовано вплив ефекту Доплера на параметри сигналу низхідного потоку в мобільних мережах LTE. Досліджено вплив ефекту Доплерівського розсіювання спектру на основні характеристики OFDM сигналів. Надані рекомендації, щодо демодуляції прийнятого сигналу на основі проведених досліджень.

Ключові слова: мобільні мережі LTE, ефект Доплера, OFDM сигнали, Доплерівське розсіювання спектру, модуляційне сузір'я.

Abstract

Influence of Doppler's effect on signal parameters of the descending flow in mobile networks LTE is analyzed. Influence of range Doppler's effect dispersion on the main characteristics of OFDM of signals is investigated. Recommendations, concerning demodulation of the accepted signal on the basis of the conducted researches are provided.

Keywords: mobile networks LTE, Doppler's effect, OFDM signals, Doppler dispersion of spectrum, modulation constellation.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку телекомунікаційних мереж висовують на передній план серйозні вимоги до систем мобільного зв'язку не тільки з погляду високої якості зв'язку, але й з погляду забезпечення високих швидкостей передачі інформації. Багато в чому такі тенденції обумовлені інтенсивними темпами розвитку індустрії по виробництву мобільних пристроїв та їх високою популярністю у користувачів. Упоратися із цим завданням дозволить впровадження технологій мобільного радіозв'язку четвертого покоління 4G. Одним із представників 4G технологій є стандарт LTE [1]. Стандарт LTE заснований на технології ортогонального частотного поділу каналів (OFDM). Шуми різної природи, часові й частотно-селективні викривлення сигналу, ефект Доплера, приводять до порушення ортогональності піднесних OFDM сигналу й міжсимвольної інтерференції. В даній роботі буде проведено дослідження впливу ефекту Доплера на основні характеристики OFDM сигналів.

Основна частина

Ефект Доплера стосовно до електромагнітних хвиль визначає залежність частоти періодичного збурювання від відносної швидкості руху джерела хвиль і приймача [2]. Якщо розглядати ефект Доплера стосовно до вузькосмугового процесу, то зміна відносної швидкості приведе до збільшення або зменшення частоти сигналу (Доплерівське зрушення частоти), внаслідок зміни періоду сигналу. Цей же ефект виявляється й для OFDM сигналу, внаслідок чого буде відбуватися зміна значення несучої частоти із пропорційним зсувом спектра. Часове представлення переданого сигналу на несучій частоті, зміщеного на f_d , можна записати в такий спосіб:

$$\dot{S}_d(n) = \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \dot{C}_k e^{j2\pi(k\Delta f + f_c + f_d)n/N} \right\}, \quad (1)$$

де C_k - комплексне значення модуляційного символу; k - індекс піднесної; Δf - відстань між піднесними; f_c - частота несучої; f_d - Доплерівський зсув частоти; n - індекс часового відліку.

Для заданої швидкості (наприклад 110 км/год) зсув частоти за рахунок ефекту Доплера виявляється незрівнянно малим, тому надалі їм можна зневажити.

Разом з зсувом несучої (1) Доплерівський вплив характеризується розширенням спектру сигналу і Доплерівським розсіювання спектру [3]. Доплерівське розсіювання спектру виникає при наявності

ті траси багатопроменевого поширення сигналу. У реальних умовах роботи системи траса поширення постійно змінюється, внаслідок переміщення передавача/приймача й навколишніх об'єктів. Швидкість зміни рівня сигналу описується Допплерівським розсіюванням, яке можна представити у вигляді мінливого в часі випадкового фазового шуму. Для вузькосмугового OFDM процесу Допплерівське розсіювання визначається як ширина спектра прийнятого сигналу. При наявності цього ефекту ухвалюється «розмазаний» спектр поблизу несучого колювання. В даному випадку часове представлення переданого сигналу може бути переписане в такий спосіб:

$$\dot{S}_d(t) = \sum_{n=1}^{Nr} \sum_{k=N/2}^{N/2-1} \left\{ \dot{C}_k e^{j2\pi \left(k\Delta f + f_c + f_c \frac{v}{c} \cos(\theta_n) f_d \right) (t + \tau_n)} \right\}, \quad (2)$$

де $t=0, \dots, T_{sig}$; T_{sig} – тривалість сигналу; $n=1, \dots, Nr$ – номер променю в каналі РВВ; τ_n – затримка розповсюдження сигналу для променю n .

Результат дослідження представлено у вигляді модуляційних сузір'їв для QPSK і QAM-16, наведених на рис. 1.

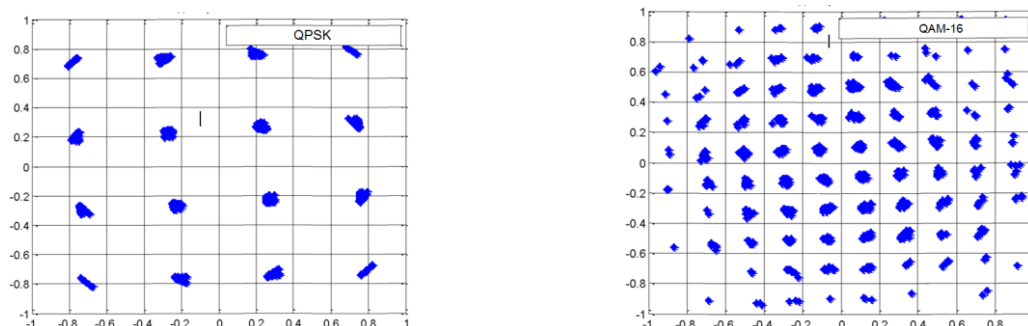


Рис. 1. Викривлення модуляційного сузір'я при Допплерівському розсіюванні спектру

Висновки

Вплив ефекту Допплерівського розсіювання спектру виявляється більш істотним у порівнянні з Допплерівським розширенням спектру і Допплерівським зсувом частоти. Це приводить до порушення ортогональності й неможливості безпомилкової демодуляції сигналу. Вплив розглянутого ефекту приводить до фазової й амплітудної деградації модуляційного сузір'я, тому перед демодуляцією прийнятого сигналу повинні бути вжиті заходи по усуненню впливу Допплерівського розсіювання спектру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. / В. О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А. Б. Юрчук - М, 2010. - 277 с.
2. Fazel K., Kaiser S. Multi-Carrier Spread-Spectrum & Related Topics. - Kluwer Academic Publishers Norwell, 2000. - 360 p.
3. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.

Арсенюк Денис Іванович – студент групи ТТК-17м факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: maximarseniuk@gmail.com.

Сауляк Сергій Анатолійович – студент групи РТ-17м факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: saulyakserg@ukr.net.

Науковий керівник: **Воловик Андрій Юрійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Arsenyuk Denis I. – student of the TTK-17m group, Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maximarseniuk@gmail.com.

Saulyak Sergeiy A. – student of the RT-17m group, Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sidorvlad1998@gmail.com.

Supervisor: **Volovyk Andrii U.** – Ph.D. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.